

УДК 573.6.086.83: 001.26 + 661.152

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НОВЫХ ЖИДКОФАЗНЫХ БИОСРЕДСТВ

Г.Ю. Рабинович, докт. биол. наук, проф.,

В.В. Лебедев, канд. техн. наук

ГНУ ВНИИМЗ Россельхозакадемии

Висвітлено технологічні особливості і технічні пристосування при виробництві нових рідинно-фазних біологічних засобів.

Ключові слова: сільськогосподарська біотехнологія, рідинно-фазні біологічні засоби.

Проблема. Кризисные явления в Нечернозёмной зоне РФ связаны с масштабным выведением из сельхозоборота земель, в которых формируется устойчивый отрицательный баланс элементов питания и гумуса. Поддержание и повышение уровня почвенного плодородия напрямую связано с применением удобрений и других биосредств органической природы. Среди них как классические компосты, так и современные удобрения и биопрепараты, получаемые путем регулируемой конверсии. Их характерная черта – высокий уровень физиологически полезных веществ и агрономически полезной микрофлоры, которая, присоединяясь к почвенному микробоценозу, способна усиливать и направлять ключевые процессы формирования плодородия почв – минерализацию и гумификацию.

В то же время при разработке новых технологий, связанных с получением биоконверсионной продукции, большое значение имеет выбор оптимальных технических приспособлений и оборудования, отвечающих поставленным целям. При реализации технологии решающую роль могут сыграть не только технические элементы самой технологии, а дополнительные приспособления, обеспечивающие, в частности, благоприятную консистенцию получаемой продукции и ее продолжительность сохранности.

Анализ последних достижений и публикаций. Всероссийский

© Г.Ю. Рабинович, В.В. Лебедев.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 96. 2012.

НИИ сельскохозяйственного использования мелиорированных земель (ВНИИМЗ) давно и успешно работает в области разработки и внедрения инновационных технологий по производству продукции многоцелевого назначения. Институт является патентообладателем [1,2] экспрессных регулируемых технологий переработки органического сырья активированным сообществом микроорганизмов в многофункциональную продукцию, рекомендуемую к масштабному применению в народном хозяйстве. Разработаны технологии получения твердофазных и жидкофазных продуктов, среди которых наиболее известна технология аэробной твердофазной ферментации, удостоенная Госпремии РФ, продукция которой – КМН (компост многоцелевого назначения) – получила широкую известность, как в нашей стране, так и за рубежом. На фоне ее широкомасштабного внедрения в институте были разработаны и запатентованы еще две технологии биоконверсии, одна из которых – ферментационно-экстракционная технология, продукция которой – высокобиогенные жидкофазные биосредства (ЖФБ) вызывает все больший интерес у заинтересованных потребителей. В апреле 2011 г. в Тверской обл. РФ прошел Всероссийский торфяной форум с участием ученых и специалистов дальнего и ближнего зарубежья. Разработки ВНИИМЗ, в том числе и инновационная технология получения жидкофазных биосредств, безусловно, требующая доработки и нуждающаяся в спонсорской помощи, получили высокую оценку.

Цель исследований - показать необходимость использования оригинальных технических приспособлений при реализации технологии получения жидкофазных биосредств.

Результаты исследований. Классические подходы и мероприятия, используемые для поддержания плодородия почв в гумидной зоне РФ на требуемом уровне, в последние годы получили развитие в связи с необходимостью внедрения концепции биологической интенсификации, которую фактически можно считать очередным этапом развития идей биологического земледелия в России. Дальнейшее развитие этой концепции может быть достигнуто за счет разработок и достижений сельскохозяйственной биотехнологии.

Следует иметь в виду, что решение проблемы сохранения и воспроизводства плодородия связано и с использованием предложений о создании биодинамических хозяйств, в которых предполагается получение большого объема экологически чистой продукции за счет использования средств, получаемых путем биоконверсии, и вовлече-

ния в круговорот вещества и энергии собственного потенциала почвы. Предполагается, что в таком хозяйстве ничего не теряется – каждый сырьевой ресурс, в том числе вторичный, используется в процессах рециклизации, например: выращивание растений – откорм животных – экскременты – биоконверсия – выращивание растений. Это только один путь преобразования вторичных ресурсов, есть и другие, учитывающие разнообразие направлений использования продуктов биоконверсии. Такое разнообразие демонстрируют и упомянутые выше жидкофазные биосредства ВНИИМЗ (рис. 1).



Рис. 1. Многообразие направлений использования жидкофазных биосредств в сельскохозяйственной практике

Технология имеет свои особенности (табл.), позволяющие при соблюдении всех требований получать стабильную продукцию. Жидкофазные биосредства, полученные с использованием разных биостимуляторов, обладают многофункциональностью свойств (активирующей, стимулирующей, мобилизующей, структурообразующей, протекторной функциями), обеспечивая их использование в качестве биомелиорантов и вкуче с другими свойствами, позволяя быть технологии конкурентоспособной. Многофункциональность действия ЖФБ предполагает множество областей применения.

В настоящее время в Тверской и Московской областях проводятся испытания различных видов ЖФБ, преимущества которых при использовании заключаются в быстром влиянии на плодородие почвы

за счет моментальной подпитки почвенного раствора, доступности элементов питания и их использовании на всех стадиях роста и развития растений. Возможность корректировки составов биопрепаратов расширяет фронт их применения сельхозпроизводителями.

Таблица. Основные характеристики технологии получения жидкофазных биосредств

Основные сырьевые ресурсы	Торф, навоз КРС, помет
Компоненты замещения торфа	Солома, опилки, льняная костра, пивная дробина
Рекомендуемые стимуляторы	Отходы мукомольного производства, зола, янтарная кислота, калийные соли и др.
Продолжительность, температурный режим	7 суток: 96 ч при 37°C + 24 ч – при 55°C + 48 ч – при 22°C
Подача кислорода воздуха	Дискретная, принудительная (не более 30 мин./сут. на этапе ферментации)
Продукция	Жидкофазное биосредство (ЖФБ), биогенный осадок (БО)
Корректировка состава	Разнообразные вещества и соединения в зависимости от потребности

Разработка новых биотехнологий, направленных на получение продукции для сельскохозяйственного производства, связана с созданием высокоэффективных технических приспособлений на различных этапах технологических процессов. Создание новой технологии не случайно сопровождается разработкой полезных моделей. Узким звеном технологической линии является обезвоживание маточного раствора после экстракции, так как наблюдается большая потеря раствора и нестабильная работа заявленного по технологии нутч-фильтра. Поэтому в настоящее время прорабатывается вопрос о замене нутч-фильтра на центрифугу маятникового типа и решается вопрос о получении ЖФБ с различным содержанием сухих веществ. Вместе с тем, определенные опасения возникают в отношении длительной сохранности такой продукции в связи с присущей ей высокой биохимической

активностью. Обусловлено это присутствием в полученных биотехнологическим путем жидкофазных средствах активной микрофлоры и продуцируемых ею ферментов. Среди методов, предназначенных для приостановления (временной консервации) жизнедеятельности микрофлоры, приемлемым считается метод сушки или подсушивания готового продукта до заданной величины.

При выборе рационального метода сушки должны принимать во внимание технико-экономические показатели и надежность работы установки, предназначенной для высушивания продукта без потери его качества. Вместе с тем должны быть учтены требования техники безопасности, рассмотрены санитарно-гигиенические условия труда, удобство контроля и обслуживания установки и приняты меры для исключения выброса поллютантов в атмосферу. Выбор рационального метода сушки должен быть обусловлен комплексом характеристик материала как объекта сушки, номенклатурой выпускаемого оборудования, особенностями производства.

Для правильной постановки задачи необходимыми условиями становятся наличие ресурсов оптимизации (степеней свободы оптимизирующего объекта). В технологиях возможно употребление нескольких критериев оптимальности. В современных экономических условиях за критерий оптимальности можно принять единый обобщенный свободный показатель, учитывающий изменение годовой производительности, объем капитальных вложений, эксплуатационные затраты и качественный показатель выпускаемого продукта в экономически эквивалентных соотношениях. Этот критерий оптимальности связан с принимаемым способом сушки и конкретными материалами, характеристики которых известны; минимум этого критерия определяет выбор оптимального способа проведения процесса.

Как было ранее отмечено, многие современные технологические процессы завершаются формированием жидкофазной продукции. Наиболее простым по технологии способом выделения продукта из жидкой массы является непосредственная сушка распылением. Этим способом можно высушивать не только истинные или коллоидные растворы, но и суспензии, шламы, пасты, а также комбинированные системы, например, взвеси твердых веществ в коллоидных растворах. Несмотря на сравнительно высокую энергоемкость распылительных сушилок и низкий удельный влагосъем, применение их существенно сокращает технологический цикл выделения продукта в связи с отсутствием стадий механического обезвоживания и во многих случаях

классификации (рассева), дробления или гранулирования.

Важнейшим источником уменьшения себестоимости сушки является интенсификация процесса, т.е. эффективное использование объема сушилки – V_k [1];

$$V_k = W \cdot \rho'' / \alpha v \cdot \Delta t_{cp},$$

где W – количество испаряющейся влаги; ρ'' – теплота испарения; αv – объемный коэффициент теплообмена, зависящий от величины капель, длительности нахождения частиц во взвешенном состоянии, относительности скорости газов, теплофизических констант теплоносителя, равномерности распределения материала и теплоносителя между собой и по объему камеры; Δt_{cp} – средняя разность температур между газом и частицами.

Из указанного соотношения видно, что для уменьшения габаритов сушилки нужно стремиться к уменьшению размеров частиц высушенного материала и увеличению концентрации его в рабочей зоне, т.е. к увеличению поверхности фазового контакта. Кроме того, необходимо увеличивать относительную скорость дисперсной и газовой фаз, уменьшать скорость движения частиц в аппарате, увеличивать движущую силу процесса сушки и уменьшать расход воздуха на сушку. Эффективное увеличение относительной скорости достигается при закручивании потока газозвеси материала, при встречных или пересекающихся потоках газозвесей, при наложении вибраций или акустических колебаний на высушиваемый материал в зоне сушки. Закручивание потоков особенно эффективно при сушке тонкодисперсных материалов; для них относительная скорость может превысить скорость витания на несколько порядков.

Примером такой сушилки может служить аппарат со встречными закрученными потоками (ВЗП) для сушки и одновременного улавливания высушенного продукта. Основным требованием, предъявляемым к типовым сушилкам с активными гидродинамическими режимами второго поколения, является отсутствие выноса высушенного продукта из аппарата.

Перспективы дальнейшего развития техники сушки связаны не только с модернизацией и унификацией узлов разработанных типовых аппаратов, но и с разработкой сушилок, удовлетворяющих современным экономическим критериям. Наиболее важными критериями являются: простота конструкции и технологичность, возможность обрабатывать различные влажные материалы, небольшие габариты, унификация

узлов и изделий. Кроме того, исходя из общих требований к продукции машиностроения, сушильные аппараты и соответствующие им установки должны иметь низкую металлоемкость, высокий уровень автоматизации и занимать небольшие площади производственных помещений.

Получение мелкодисперсного продукта сложного фракционного состава с малой остаточной влажностью менее 2% и производительностью не более 100 кг/ч из сильно увлажненных продуктов наиболее целесообразно в распылительных сушилках или в аппаратах ВЗП. Учитывая рекомендации [3] был разработан проект и создана опытно-промышленная установка для сушки суспензий с начальной влажностью более 40%. Сушилка для суспензий была частью комбинированного аппарата, предложенного в работе [4]. Принципиальная схема опытно-промышленной установки приведена на (рис. 2).

После проведения анализа существующих распылительных устройств, были выбраны пневматические форсунки, как наиболее удовлетворяющие нашим условиям. С помощью пневматических форсунок можно диспергировать растворы практически с любой вязкостью. Пневматические форсунки надежны в эксплуатации, просты по устройству, можно легко изменять форму факела в нужном направлении. Недостатками являются неоднородность распыла, объясняемая неравномерным распределением энергии сжатого воздуха и требуется дополнительный штат для обслуживания компрессора.

Жидкофазные биосредства (ЖФБ) представляют собою растворы или суспензии, вязкость которых зависит от количества влаги и температуры. Выделение микроорганизмами экзополисахаридов и жирных кислот способствует при открытом хранении ЖФБ его некоторой карамелизации – образованию жирно-сахаристой пленки.

На одном из видов жидкофазных биосредств с повышенным содержанием сухих веществ, предназначенном для кормовых целей, разработанная сушилка была апробирована. Температура в камере сушки поддерживалась на уровне, не превышающем 150°C, в этом случае при кратковременном воздействии на ЖФБ в нем могут сохраняться полезные микроорганизмы – бациллы и другие спорообразующие формы. Готовый продукт имел широкий фракционный состав, большое количество слипшихся частиц с конечной влажностью $W_k = 0,5-1\%$. Налипания на внутренней стенке были незначительные, производительность по сухому продукту составляла 50 кг/ч. Требования по гранулометрическому составу для высушенных продуктов приме-

нялись не жесткие, так как последующие технологические операции (рассев и протирка), обеспечивали им необходимое качество.

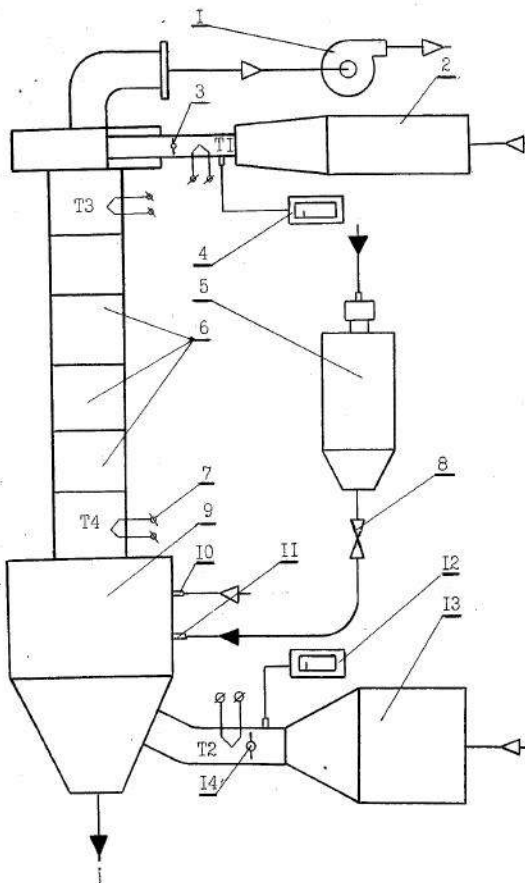


Рис. 2. Опытно-промышленная малотоннажная распылительная сушилка: 1- вентилятор; 2, 13 - электрические калориферы; 3,14- движки; 4,12 - тягомеры; 5 - емкость для суспензии; 6 - съемные секции сушильной камеры; 7 - термоэлектрические преобразователи; 8 - кран подачи суспензии; 9 - емкость для готового продукта; 10 - подача распыляемого газа; 11- подача суспензии

По результатам экспериментальных работ малотоннажных распылительных сушилок выявлено, что качество диспергирования смеси играет решающую роль. Наиболее существенное влияние на дисперсность оказывают скорость истечения газожидкостной смеси и удельный расход распыливающего агента. Существенное значение имеют характеристики пневматических форсунок, которые в значительной мере зависят от их конструкции, поэтому единую методику их расчета подобрать не просто. Порядок расчета таких форсунок может быть следующим. Секундный массовый расход газа без подачи жидкости определяют зависимостью [5]:

$$mг = fμгFq(λ)pvx / \sqrt{Tvx}, \quad (1)$$

где f – сечение отверстия; $μг$ – коэффициент расхода, который можно принять равным 0,95; F – площадь каналов на входе в форсунку; $q(λ)$ – газодинамическая функция; pvx – абсолютное давление газа перед форсункой (по термодинамическим таблицам); Tvx – температура заторможенного потока на входе в форсунку.

Расход жидкости определяли из соотношения:

$$\begin{aligned} mж &= (\alpha/1-\alpha) \times mсм; \\ \alpha &= mж/mсм + mг; mсм = \varepsilon mг; \\ \varepsilon &= 1-c\pi/4 (\sqrt{(6Gж/\pi F\omegaк)} \times (1-\omegaк/\omegaсм)), \end{aligned} \quad (2)$$

где α – относительный расход жидкости через форсунку; ε – коэффициент заполнения сопла; c – конструктивная характеристика, оценивающая расход распыливающего агента; $Gж$ – объемный расход жидкости; $\omegaк$ – скорость капли; $\omegaсм$ – скорость газа в смеси с жидкостью.

Значение начальной скорости $\omegaсм$ и плотности газа определяли по обычным газодинамическим зависимостям как функции давления газа и его температуры или по формуле [5]:

$$\omegaсм = 18,3 \lambda \sqrt{Tvx}, \quad (3)$$

где $\lambda = 1$ – приведенная скорость, характеризующая режим движения воздуха в сопле форсунки.

Из соотношения скорости капли и воздуха определяем начальную скорость капли:

$$\begin{aligned} \omegaк/\omegaсм &= (1-\alpha) \times (1-1/1 + \omegaсм \times Rcж \times tu); \\ Rcж &= 0,75 \times \Psi \times \rhoг/\rhoж \times dм, \end{aligned} \quad (4)$$

где Ψ – коэффициент сопротивления капли; α – относительный расход

жидкости; d_m – медиальный диаметр капель; $t_y = d/2 \omega z$ – время движения жидкости по оси форсунки.

Радиальная составляющая начальной скорости жидкости составила:

$$\omega z = 4,47 \times \varphi_{ск} \times \sin 30^\circ \sqrt{\Delta p / \rho_{ж}} \quad (5)$$

где $\varphi_{ск}$ – коэффициент скорости; Δp – перепад давления; $\rho_{ж}$ – плотность продукта.

Конечной скоростью капли считается скорость витания сухих частиц при средней температуре газов в сушильной камере. Диапазон скоростей $\omega z = 0,06-0,25$ м/с.

Таким образом, испытание малотоннажной распылительной сушилки производительностью до 100 кг/ч, выполненное с одним из жидкофазных биосредств с повышенным содержанием сухих веществ, оказалось успешным. Получение высушенных биогенных материалов имеет значение для их транспортировки на дальние расстояния. В связи с этим, дальнейшая модернизация технологии получения ЖФБ будет осуществляться как путем изменения конкретных технических элементов по ходу технологического цикла, так и за счет использования дополнительных высокоэффективных приспособлений, позволяющих, в частности, длительное время сохранять получаемую продукцию и транспортировать ее с наименьшими потерями.

Выводы

Показана целесообразность разработки новых технологий для сельскохозяйственного производства с заложенными возможностями для модернизации.

Представляемая инновационная технология получения жидкофазных биосредств имеет характерные черты, существенно отличающие ее от других подобных технологий, поэтому она поддерживается 8 патентами.

Модернизация технологии может происходить либо путем изменения технических устройств по ходу технологической линии, либо путем использования дополнительных приспособлений, позволяя, в частности, увеличивать время хранения конечной продукции.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Патенты РФ на ИЗ № 2112764, № 2264460, № 2365568 и др.
2. Патенты РФ на ПМ 50530, № 57276, № 93392 и др.
3. Сажин Б. С. Основы техники сушки – М.: Химия, 1984.

4. А. с. 1695089А1 СССР, МКИ F 26 В 17/10, 3/12.

5. Пажи Д.Г. Распылители жидкостей. – М.: Химия, 1979.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НОВЫХ ЖИДКОФАЗНЫХ БИОСРЕДСТВ

Всероссийский НИИ сельскохозяйственного использования мелиорированных земель в течение 30 лет работает в области сельскохозяйственной биотехнологии, разрабатывая технологии получения биоконверсионных продуктов. Одна из технологий, связанная с получением жидкофазных биосредств, претерпела несколько модификаций, что отразилось в разработанных патентах на полезную модель. На данном этапе рассматривается существенное изменение одного из элементов, задействованного в технологическом процессе. Кроме того, важным аспектом исследований является разработка приспособления для сушки продукции с целью ее большей сохранности и облегчения транспортировки к месту потребления.

Ключевые слова: сельскохозяйственная биотехнология, жидкофазные биосредства.

TECHNOLOGICAL FEATURES AND TECHNICAL ADAPTATIONS BY MANUFACTURE NEW IS LIQUID-PHASE BIOMEANS

The All-Russia scientific research institute of agricultural use of the reclaimed lands within 30 years works in the field of agricultural biotechnology developing of technologies of reception of bioconversion products. One of the technologies, connected with reception liquid-phases biomeans, has undergone some updatings that was reflected in the developed patents for useful model. At the given stage essential change of one of the elements, involved in technological process is considered. Besides a prominent aspect of researches is development of the adaptation for drying production with the purpose of its greater safety and simplification of transportation a place of consumption.

Key words: agricultural biotechnology, reception liquid-phases biomeans.